

QUALIDADE DO AR E VENTILAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE HOSPITALAR - O EXEMPLO DO EDIFÍCIO SARAH KUBITSCHKEK NO RIO DE JANEIRO

Mirna Elias Gobbi (mirna.gobbi@gmail.com); Mauro Santos (maurosantos@fau.ufrj.br);
Sylvia Meimaridou Rola (sylviarola@fau.ufrj.br)

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura (UFRJ-FAU) - Brazil

Palavras chave: ventilação natural, qualidade do ar, hospital.

A gestão da qualidade do ar tem como objetivo garantir que o desenvolvimento socioeconômico ocorra de forma sustentável e ambientalmente seguro. Para tanto, faz-se necessário ações de prevenção, combate e redução das emissões de poluentes e dos efeitos da degradação do ambiente atmosférico. O ambiente interno das edificações, lugares onde as pessoas passam a maior parte do tempo diário, deve ser livre de compostos nocivos e intoxicantes. O melhoramento na qualidade do ar interno pode ser alcançado não somente com um bom projeto arquitetônico, como também com uma boa seleção de materiais e métodos construtivos. As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas também podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações.

A escolha do correto sistema de ventilação de ar deve ser cuidadosa, pois este é o maior consumidor energia em hospitais e determinante para a qualidade do ar interno. Dentre as vantagens da utilização de ventilação natural, está a melhoria da qualidade do ar interno, melhoria do conforto térmico dos ambientes internos, troca térmica com a estrutura do edifício (ajudando no resfriamento), diminuição dos gastos com energia relativos aos sistemas de climatização artificial, e conseqüentemente, menor lançamento de CO₂ para a atmosfera.

A metodologia utilizada decorreu de uma revisão na literatura, cujo objetivo era associar qual a relação entre a ventilação natural e a qualidade do ar interno nos ambientes hospitalares, e apresenta o exemplo do Hospital Sarah Kubitschek no Rio de Janeiro. Como conclusão, pode ser observado que para Lelé, o clima era uma variável importante no processo da concepção das edificações, principalmente os hospitais. O conforto térmico era uma prioridade para promover o bem-estar dos usuários das edificações, como também na economia de energia.

1. INTRODUÇÃO

Comparando com outros tipos de edificações, os estabelecimentos de saúde, em especial os hospitais, têm impactos especialmente grandes. Atributos que fazem com que eles sejam únicos são: funcionam em tempo integral, com grande circulação de pessoas, preocupação com controle de infecção, cuidados com assepsia, construção e reforma mesmo com a ocupação e uso do edifício, amplo volume de investimentos demandado pela qualidade da construção, manutenção, uso de produtos químicos perigosos, etc. O conjunto de condicionantes excepcionais é que tonam os hospitais complexos e desafiadores de serem operados (MASCARÓ, 1995; GUENTHER; VITTORI, 2013).

No caso específico de unidades de saúde, a qualidade do ar pode exercer uma influência direta e de grande significância na velocidade de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares (QUADROS, 2008). Com a introdução dos avanços tecnológicos

nas edificações, em especial os hospitais, os edifícios se tornaram cada vez mais fechados e seu grau de automatização também aumentou. Sistemas de ventilação tornaram-se mais sofisticados. O aumento do consumo energético deu-se, em grande parte, devido ao emprego de computadores, para variar as quantidades de ar introduzidas nos ambientes, baseados unicamente em requisitos de carga térmica nos espaços ocupados. Os critérios utilizados, no que diz respeito ao ar interior, foram à temperatura e a umidade, outros parâmetros envolvendo a qualidade do ar utilizado dentro dos edifícios foram ignorados (QUADROS, 2008).

A escolha do correto sistema de ventilação de ar deve ser cuidadosa, pois este é o maior consumidor energia em hospitais e determinante para a qualidade do ar interno. Não se deve apontar um determinado sistema como ideal para todos os casos, pois as variedades de condições climáticas, de manutenção, fornecimento dos equipamentos e de usos, podem apontar soluções particulares (CARVALHO; FARIAS, 2014).

No século IV a.C., Hipócrates, pai da medicina ocidental, escreveu: "A saúde humana não pode ser tratada separadamente do ambiente natural". Saúde não está apenas relacionada ao sentido denotativo da ausência de doenças, longevidade do ser humano, ou ausência do risco de morte. Saúde tem um significado muito mais abrangente e está ligado às premissas que definem a qualidade de vida. A Organização Mundial da Saúde (OMS), por exemplo, define saúde como um estado físico, mental e bem-estar social. (COSTEIRA, 2004).

Os processos industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas são, dentre as atividades antrópicas, as maiores causas da introdução de substâncias poluentes à atmosfera, muitas delas tóxicas. Com o nível de conhecimento atual, é incontestável o reconhecimento das relações entre meio ambiente e saúde. Inúmeras são as possibilidades em que os problemas ambientais interferem direta ou indiretamente na saúde humana. Reconhece-se que a origem de diversas doenças está associada a múltiplos fatores e, que não depende exclusivamente das particularidades de um microrganismo, mas sim de características de um agente patológico, somadas a resposta do indivíduo àquele agente e do próprio meio ambiente onde eles estão inseridos (GIATTI, 2009).

Diversos elementos tóxicos são lançados no ar, solo e água por meio da ação humana. Quando liberados para o meio ambiente, produtos químicos tóxicos como metais pesados, pesticidas e outros poluentes orgânicos, podem ser absorvidos por órgãos humanos por contato dérmico, ingestão e inalação, levando a graves tipos de doenças (GIATTI, 2009; HOU e TABBAA, 2014). Estudos epidemiológicos demonstram correlações entre a exposição aos poluentes atmosféricos e problemas respiratórios (asma, bronquite, enfisema pulmonar e câncer de pulmão) e cardiovasculares, mesmo quando as concentrações dos poluentes na atmosfera não ultrapassam os padrões de qualidade do ar vigentes (MINISTÉRIO, 2017).

A poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à qualidade de vida da comunidade. A poluição do ar também traz prejuízos à economia, decorrentes do aumento do número de atendimentos, internações hospitalares e uso de medicamentos. Custos esses que poderiam ser evitados com a melhoria da qualidade do ar dos centros urbanos.

O ambiente interno das edificações, lugares onde as pessoas passam a maior parte do tempo diário, deve ser livre de compostos nocivos e intoxicantes. Os projetistas das edificações são os responsáveis por proporcionar um ambiente saudável aos usuários (MERTEN; CALDAS; SPOSTO, 2017). O melhoramento na qualidade do ar interno pode ser alcançado não somente com um bom projeto arquitetônico, como também com uma boa

seleção de materiais e métodos construtivos. O aumento das taxas de ventilação - com um bom projeto de ventilação - aliado a uma boa seleção de materiais e diminui a concentração de poluentes no ar (GUÍO, 2013).

As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas também podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações, como fumo, preparo de alimentos, aquecimento de ar e água, materiais de construção, mobília, materiais de limpeza, solventes orgânicos (STATHOLOUPOU et al. 2008). Somente considerando os materiais de construção, estes podem ser responsáveis pela emissão de até 40% dos poluentes no edifício, permanecendo um curto tempo de vida no ambiente ou levando um longo período se manifestando (MISSIA et al., 2010). Outros fatores que exercem influência são o *layout* do edifício, o tipo de ventilação ou circulação de ar projetado. Uma série de poluentes, como monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônia, óxido de enxofre e nitrogênio pode ser produzidos dentro do edifício (CARMO; PRADO, 1999).

2. OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo do artigo é descrever sobre a importância da ventilação natural para ambientes hospitalares, demonstrando através do Hospital Sarah Kubitschek do Rio de Janeiro (estudo de caso) quais as estratégias que foram utilizados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, levando em consideração o clima da cidade do Rio de Janeiro.

A metodologia utilizada foi de revisão na bibliográfica. Para atingir ao objetivo proposto, foram relacionados dois temas considerados essenciais para a compreensão do assunto:

- i. A qualidade do ar interno nos hospitais e a ventilação natural;
- ii. A apresentação do exemplo do Hospital Sarah Kubitschek do Rio de Janeiro, mostrando as soluções de ventilação de ar naturais adotadas pelo arquiteto João Filgueiras Lima.

3. ANÁLISES E DISCUSSÕES

3.1. A qualidade do ar interno nos hospitais e a ventilação natural

A partir da década de 70 do século passado houve um aumento do uso de sistemas de condicionamento de ar em edificações. Esta tendência influenciou no projeto de edifícios onde a comunicação com o ar externo é minimizada, podendo acarretar elevadas concentrações de poluentes gerados no ambiente interno. As concentrações podem ser de 2 a 5 vezes maior em ambientes internos do que em ambientes externos (ADDINGTON, 2004). Fatores físicos, como temperatura, umidade, taxa de circulação e renovação do ar não somente afetam o desenvolvimento de microrganismos no ambiente interno, mas também a forma de dispersão e a diluição dos contaminantes. Ambientes com elevada taxa de umidade relativa do ar e temperatura favorecem o desenvolvimento de fungos (QUADROS, 2008).

A forma, os materiais, assim como muitas soluções arquitetônicas favorecem o superaquecimento dos edifícios e conseqüentemente, favorecem o consumo de energia com o ar condicionado. Atualmente, devido a grande complexidade das edificações hospitalares, e o uso de novas tecnologias, fazem com que as questões ambientais muitas vezes sejam desconsideradas na concepção dos edifícios. As soluções de iluminação e ventilação naturais deram lugar a sistemas artificiais, trazendo como consequência, a má qualidade do ar nos ambientes internos, além do descuido com aspectos da humanização dos espaços e aumento do consumo energético (MONTERO, 2006; LUKIANTCHUKI, 2010).

Nos hospitais, os pacientes estão em uma condição de vulnerabilidade, e nem todos se adaptam ao ar-condicionado. Muitos são os casos de aumento de alergias, e ressecamento

de fossas nasais ou auriculares - sensação que aumenta o desconforto - são relatadas. Locais como centro cirúrgico, salas de radiologia, ressonância magnética, centros de tratamento de terapia intensiva, são exemplos de ambientes que necessitam de um grande controle de várias variáveis para manter o ar sempre homogêneo (MONTERO, 2006). Outros ambientes, como corredores, recepções, e principalmente os quantos de internação, são áreas que podem receber ventilação natural sempre prejuízo à saúde das pessoas que por ali circulam ou permanecem. Outro ponto que precisa ser destacado é a falta de manutenção nos filtros de ar, fazendo com o que a ocorrência de problemas respiratórios aumente. O controle e manutenção dos filtros devem ser altos, porém muitas vezes são negligenciados.

As formas de ventilação natural dos ambientes por vezes não são aproveitadas, preferindo-se os sistemas artificiais. O arquiteto precisa se conscientizar da importância de utilizar prioritariamente os meios naturais para ventilar, e aprender os princípios fundamentais (MONTERO, 2006). A ventilação mecânica ou artificial só é essencial quando a ventilação natural se mostra insuficiente ou quando o ambiente tem restrições especiais e precisam de um controle mais rigoroso de temperatura, umidade relativa do ar ou outros fatores (ROSSI, KRÜGER e BRÖDE 2012). A ideia inicial é de que a ventilação natural é prioritária, e quanto houver necessidade, a ventilação mecânica, ou artificial será utilizada como complemento.

Para uma ventilação satisfatória, a localização do edifício deve ser determinada de acordo com o seu entorno e o microclima. A ventilação é apontada, frequentemente, como uma estratégia bioclimática eficiente para obtenção do conforto térmico nos espaços urbanos e arquitetônicos. Além disso, o alcance social dessa estratégia é indiscutível (BITTENCOURT, et al., 2003). Sua importância não está apenas na obtenção de conforto, mas também por razões de salubridade dos ambientes e de seus habitantes, já o favorecimento à penetração dos ventos dominantes traz uma renovação contínua do ar interno no recinto.

Dentre as vantagens da utilização de ventilação natural, está a melhoria da qualidade do ar interno, melhoria do conforto térmico dos ambientes internos, troca térmica com a estrutura do edifício (ajudando no resfriamento), diminuição dos gastos com energia relativos aos sistemas de climatização artificial, e conseqüentemente, menor lançamento de CO₂ para a atmosfera (LUKIANCHUKI, 2010). Segundo Olgay (1998), para o equilíbrio de conforto o movimento de ar deverá ser avaliado tanto positivo como negativamente. Em períodos de frio, deverá ser bloqueado para impedir sua penetração nos ambientes internos, no entanto, em épocas de calor deverá ser admitido e utilizado para melhorar as condições de conforto. Conhecer a direção e a velocidade do vento antes de projetar é imprescindível para posicionar as aberturas dos edifícios a fim de favorecer a ventilação cruzada.

Quanto ao movimento de ar interno, a boa ventilação depende da pressão do ar em todas as faces do edifício, o que determina o correto posicionamento das aberturas. Por isso, a geometria do edifício é um fator essencial. Edificações com grande quantidade de aberturas voltadas para a áreas externas facilitam a ocorrência da ventilação. A forte integração entre ambientes internos e externos são características construtivas que favorecem o fluxo de ar. Assim como o uso de varandas, pérgolas, elementos vazados, lanternins, aberturas zenitais, dentre outras estratégias, que permitem a permeabilidade do ar, ao mesmo tempo em que protegem e filtram a luminosidade natural excessiva (NEVES, 2006).

Em regiões de clima frio, a ventilação natural é importante para manter a qualidade do ar. As regiões de clima quente necessitam de ventilação não apenas para a qualidade do ar, que ultrapassam generosamente as taxas mínimas estabelecidas, mas principalmente por razão térmica. Segundo Rivero (1986), a ventilação natural dinâmica é o tipo de ventilação mais adequada a regiões de clima quente úmido. Diversos aspectos devem ser considerados ao se estudar a viabilidade de ventilação natural nos edifícios: aspectos locais relativos ao

clima da cidade, orientação do layout, qualidade do ar interno, seleção dos tipos de aberturas e janelas assim como suas características operacionais.

Num país tropical, como o Brasil, o excesso de umidade gera certo desconforto nas pessoas, devido à saturação do ar, que impede a evaporação do suor, aumentando a sensação de calor. A baixa umidade, também trás consequências negativas, como o ressecamento de mucosas nasais (MONTERO, 2006). No caso dos hospitais, a ventilação é importante para a renovação de ar e higienização dos ambientes interiores, uma vez que, ambientes hermeticamente fechados favorecem a proliferação de bactérias e outras doenças contagiosas. A faixa de umidade considerada boa é entre 40% e 60%. Estudos sugerem que as condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos ocorrem com uma umidade relativa do ar entre 70% e 80% a temperatura de 25 °C. Existem várias opções disponíveis para o controle de agentes infecciosos transmitidos pelo ar, entre elas: ventilação, renovação do ar, filtração, irradiação ultravioleta e isolamento por controle de diferenças de pressão (PEREIRA; TRIBESS, 2004).

3.2. Estudo de caso: Hospital Sarah Kubitschek do Rio de Janeiro

No Brasil, João Filgueiras Lima, o Lelé se destacou como um arquiteto que aplicava em suas obras estratégias de ventilação e iluminação naturais. O sucesso do arquiteto se baseou na preocupação com os valores humanos e socioculturais, a concepção de estruturas formais que sintetizam as necessidades programáticas e funcionais e as potencialidades das tecnologias. Ele integrava princípios funcionais, econômicos e ambientais, alcançando redução de custos da obra, como também menor gasto com energia elétrica, ao mesmo tempo em que projetava espaços agradáveis e mais humanizados (LUKIANTCHUKI, 2010).

O grande destaque de sua produção arquitetônica são os hospitais da Rede Sarah, considerados verdadeiros exemplos de arquitetura bioclimática. O terreno destinado à implantação do Hospital Sarah do Rio de Janeiro localiza-se na zona oeste da cidade, no bairro Barra da Tijuca. Ocupa uma quadra com cerca de 80.000 m² e situa-se próximo à lagoa Jacarepaguá. O complexo hospitalar do Rio de Janeiro é composto por cinco blocos: apoio aos serviços, serviços gerais, internação e reabilitação, residência médica, centro de estudos e auditório, ao todo com aproximadamente 55.000 m². A obra pode ser caracterizada pela racionalização e industrialização: a estrutura da edificação é feita de um sistema pré-fabricado misto de estrutura metálica e vedação em argamassa armada (LUKIANTCHUKI, 2010).

O clima do Rio de Janeiro é classificado também como quente e úmido, apresentando temperaturas elevadas, altas taxas de umidade relativa do ar e radiação solar intensa. A direção predominante dos ventos no verão é norte e sudeste, e no inverno é norte. Como as temperaturas ao longo do ano são predominantemente altas, a melhor estratégia em uma edificação é a adoção de ventilação natural, tanto para reduzir temperaturas, quanto para o conforto térmico e menor gasto energético (LAMBERTS, DUTRA e RUTTKAY, 2014).

O grande destaque do hospital são as coberturas (Figura 1). Os *sheds* são compostos por telhas e forros de alumínio, formando entre eles uma camada de ar de 15 cm de espessura. A cobertura é desconectada do restante da estrutura e independente dos espaços internos, formando um grande espaço de ar ventilado. Entre a cobertura externa em *sheds* e os ambientes internos, têm-se forros basculantes e arcos retráteis. A estrutura vence vãos de até 15 m, e chega a ter um pé-direito sempre maior do que 8 m. Entre os *sheds* e os tetos móveis, existe um grande espaço de ar ventilado de cerca de 4 m que funciona como uma proteção térmica. Além disso, a localização das aberturas dos *sheds* em lados opostos – barlavento e sotavento - permite a renovação contínua do ar, evitando nesse espaço o acúmulo de ar quente. Essa camada de ar ventilada entre as coberturas ajuda na dissipação

do calor vindo pela incidência da radiação solar sobre a cobertura externa (Figura 2) (MONTERO, 2006).



Figura 1. Cobertura do Hospital Sarah do Rio de Janeiro, acervo CTRS (2008).

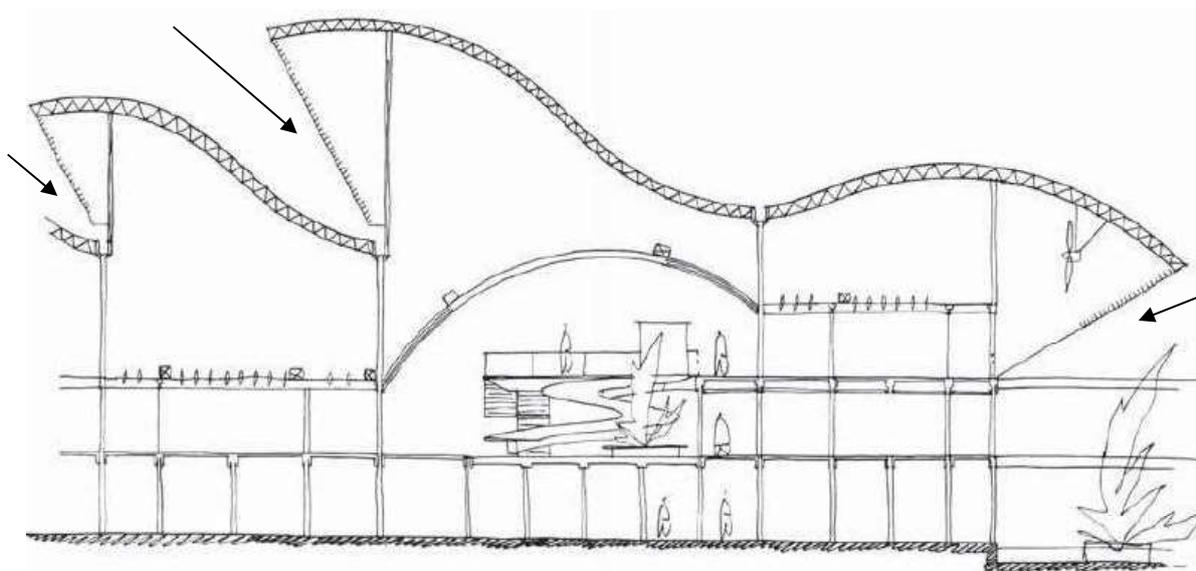


Figura 2. Representação esquemática dos sheds, acervo CTRS (2008).

Além da grande camada de ar, tem-se também o uso da manta de bidim e a pintura da cobertura na cor branca. Utilizando coberturas refletoras e ventiladas nos dois hospitais, Lelé visou melhorar o conforto térmico interno. A ventilação natural auxilia no alcance de um melhor desempenho térmico dos ambientes internos. O movimento de ar interno provoca uma sensação de resfriamento devido à perda de calor por convecção, que aumenta a evaporação do corpo. À medida que o movimento do ar aumenta, o limite superior do conforto também se eleva (LUKIANCHUKI, CARAM, 2013).

O controle de ventilação e iluminação naturais de cada ambiente se faz através de esquadrias localizadas em seus respectivos tetos (Figura 3 e Figura 4), e é independente do sistema de iluminação e ventilação permanente, criado pelos *sheds* da cobertura. Nos períodos quentes, os basculantes do teto são fechados, e as unidades *fancoil*, abastecidas pelo sistema de água natural passam a gerar ar refrigerado, que é insuflado em cada

unidade. O retorno do ar às unidades *fancoil* é feita através de dutos, também localizados no piso técnico (MONTERO, 2006).



Figura 3. Sistema de painéis basculantes internos, acervo CTRS (2008).



Figura 4. Vista dos basculantes dos sheds, acervo CTRS (2008).

A ventilação e o conforto térmico dos ambientes são feitos por três diferentes métodos. A primeira é a ventilação natural realizada exclusivamente pelos basculantes do teto. A segunda é a ventilação natural forçada, feita através do de dutos que insuflam o ar para os ambientes internos, e é captado pelas unidades *fancoil* localizadas no pavimento técnico. A terceira opção é o insuflamento de ar refrigerado através dos mesmos dutos da alternativa anterior, impulsionado pelas unidades *fancoil*, que passam a receber circulação de água gelada produzida na central frigorígena, também localizada no pavimento técnico. Nesse caso, os basculantes e as aberturas dos tetos são fechados através de sistema motorizado acionado por interruptores ou controle remoto (MONTERO, 2006; LUKIANTCHUKI, 2010).

4. CONCLUSÕES

Nas regiões de clima quente-úmido, as edificações devem se beneficiar da ventilação e se proteger da radiação solar. A manipulação da ventilação natural é uma solução eficiente para aumentar o conforto das edificações em climas tropicais e subtropicais. A movimentação do ar, através de ventilação cruzada num ambiente, ajuda na melhoria da sensação de conforto.

A ventilação natural deve utilizada de modo muito criterioso dentro das edificações hospitalares. É necessário observar que não são todos os ambientes que podem se beneficiar dela, pois precisam de um rigoroso controle sobre as partículas em suspensão no ar, a fim de evitar contaminações. Outro ponto que deve ser levado em consideração é a qualidade do ar externo, pois ele tem influência direta na qualidade do ar interno. Além disso, os projetistas devem ter o cuidado em não criar correntes de ar em pacientes acamados, pois o metabolismo deles está em atividade mais lenta e eles tendem a sentir frio com mais facilidade.

O desafio e papel dos arquitetos é criar condições ideais de conforto dentro de uma edificação. Atualmente é mais cômodo e fácil fazer uso de ventilação artificial, porém, como consequência os prejuízos ao meio ambiente e a saúde das pessoas acabam sendo maiores. Para Lelé, o clima era uma variável importante no processo da concepção das edificações, principalmente os hospitais. O conforto térmico era uma prioridade para promover o bem-estar dos usuários das edificações, como também na economia de energia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addington, M. (2004). *History and future of ventilation*. In: Sprengler, J. D.; Samet, J. M.; Maccarthy, J. F. In: **Indoor air quality handbook**. New York: McGraw-Hill, p. 1448.
- Bittencourt, L. S.; Cândido, C.; Batista, J. O. *A utilização de captadores de vento para aumentar a ventilação natural em espaços de sala de aula*. In: *Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído*. 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.
- Carmo, A. T.; Prado, R. T. A. *Qualidade do Ar Interno*. **Texto Técnico - Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 1999.
- Carvalho, A. P. A.; Farias, P. M. *Ambiente hospitalar e consumo de energia*. In: **VI Congresso Brasileiro para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar**. Anais...: Florianópolis: ABDEH, 2014. v. 1, p. 79- 87.
- Costeira, E. M. *O Hospital do Futuro: uma nova abordagem para projetos de ambientes de saúde*. In: Santos, M.; Bursztyn I. (orgs). **Saúde e arquitetura - Caminhos para a humanização dos ambientes hospitalares**. Rio de Janeiro: Editora Senac Rio, 2004. p.77-91.
- CTRS – Centro de Tecnologia da Rede Sarah. Disponível em: <<http://www.sarah.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- Giatti, L. **Fundamentos de Saúde Ambiental**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2009.
- Guío, L. M. P. **Compostos Orgânicos Voláteis em tintas imobiliárias: caracterização e efeitos sobre a qualidade do ar em ambientes internos construídos**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal de São Paulo, 2013.
- Guenther, R.; Vittori, G. **Sustainable Healthcare Architecture**. 2ª edition. New Jersey: Wiley, 2013.
- Hou, D.; Tabbaa, A. **Sustainability: A new imperative in contaminated land remediation**. *Environmental Science & Policy*, 2014. v. 39, p. 25-34.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Ruttkay, P. **Eficiência energética na arquitetura (3ª Edição)**. São Paulo: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.
- Lukiantchuki, M. A. **A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.
- Lukiantchuki, M. A.; Caram, R. M. *Análise do conforto térmico na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro*. In: XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELAC, 2013, Brasília. **Anais...** Brasília.
- Mascaró, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas no Projeto de Hospitais**. Brasília: Ministério da Saúde, 1995.
- Merten H. O.; Silva, M. B.; Caldas, L. R.; Sposto, R. M. *Compostos Orgânicos Voláteis de Tintas imobiliárias e certificações ambientais: estudo de caso para subsolos*. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. Goiânia, GO, vol. 13, n. 1, p. 128-139, jan 2017.
- Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do Ar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acessado em: 08/08/2017.
- Missia, D.; Demetriou, E.; Michael, N.; Tolis, E. I.; Bartzis, J. G. *Indoor exposure from building materials: a field study*. **Atmospheric Environment**, n.44(35), p.4388-4395, 2010.
- Montero, J. I. P. **Ventilação e Iluminação Naturais na Obra de João Filgueiras Lima, Lelé**. Estudo dos Hospitais da Rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.
- Neves, L. O. **Arquitetura Bioclimática e a obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural**. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo. 2006.

- Olgyay, V. (1998). **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili.
- Pereira, M. L.; Tribess, A. Estratégias de controle de agentes patogênicos transmitidos pelo ar em ambientes hospitalares. In: Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul – Mercofrio 11. **Anais...**, Curitiba: [s.n.]. 2004.
- Quadros, M. E. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
- Rivero, R. **Acondicionamento térmico natural: arquitetura e clima**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1986.
- Robbins, C. L. **Daylighting: design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- Rossi, F. A.; Krüger, E. L.; Bröde, P. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, jan./mar. 2012.
- Statholoupou, O. I.; Assimakopoulos, V. D.; Flocas, V.A.; Helmis, C. G. An experimental study of air quality inside large athletic halls. **Building and Environment**. v 34, n. 5, p. 793-803. ISSN 0360-1323.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.